

**The text that follows is a REPRINT  
O texto que segue é um REPRINT.**

Please cite as:

Favor citar como:

**Fearnside, P.M. 2015. Credito de carbono para usinas hidrelétricas como fonte de emissões de gases de efeito estufa: O exemplo da hidrelétrica de Teles Pires. pp. 99-108. In: P.M. Fearnside (ed.) *Hidrelétricas na Amazônia: Impactos Ambientais e Sociais na Tomada de Decisões sobre Grandes Obras*. Vol. 2. Editora do INPA, Manaus. 297 pp.**

[tradução de: Fearnside, P.M. 2013. Carbon credit for hydroelectric dams as a source of greenhouse-gas emissions: The example of Brazil's Teles Pires Dam. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 18(5): 691-699. doi: 10.1007/s11027-012-9382-6].

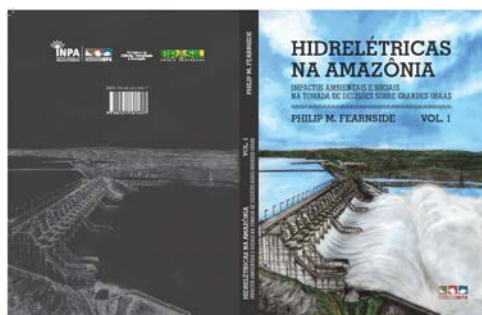
ISBN print: 978-85-211-0144-4 online: 978-85-211-0150-5

Copyright: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA

The original publication is available from:

A publicação original está disponível de:

<http://livrariadoinpa.nuvemshop.com.br/> ou envie e-mail para: [editora.vendas@gmail.com](mailto:editora.vendas@gmail.com); [editora@inpa.gov.br](mailto:editora@inpa.gov.br). Telefones: (92) 3643-3223, 3643-3438.



Download grátis em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/2015/Livro-Hidro-V2/Livro%20Hidrelétricas%20V.2.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2015/Livro-Hidro-V2/Livro%20Hidrelétricas%20V.2.pdf)

# Capítulo 22

---

## **Crédito de carbono para usinas hidrelétricas como fonte de emissões de gases de efeito estufa: O exemplo da hidrelétrica de Teles Pires**

**Philip M. Fearnside**

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)  
Av. André Araújo, 2936  
69067-375 Manaus, Amazonas  
E-mail: pmfearn@inpa.gov.br

Tradução de:

Fearnside, P.M. 2013. Carbon credit for hydroelectric dams as a source of greenhouse-gas emissions: The example of Brazil's Teles Pires Dam. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 18(5): 691-699. doi: 10.1007/s11027-012-9382-6

## RESUMO

Crédito de carbono é concedido a usinas hidrelétricas no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), do Protocolo de Quioto, sob as premissas de que (1) as barragens não seriam construídas sem financiamento do MDL e (2) as barragens teriam emissões mínimas ao longo da duração dos projetos, de 7 a 10 anos, em comparação com a eletricidade gerada por combustíveis fósseis. Ambas as suposições são falsas, especialmente no caso das barragens tropicais, como as previstas na Amazônia. A barragem de Teles Pires, atualmente em construção no Pará, fornece um exemplo concreto, indicando a necessidade de reforma da regulamentação do MDL, eliminando crédito para hidrelétricas.

Palavras-Chave Amazônia, represas, aquecimento global, efeito estufa, hidrelétricas, metano, mitigação

## INTRODUÇÃO

Créditos de carbono concedidos para hidrelétricas sob as normas vigentes do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), do Protocolo de Quioto, representa uma importante fonte de “ar quente”, ou reduções certificadas de emissões (CERs) que permitem que os países compradores emitam gases de efeito estufa, mas sem qualquer benefício real para o clima resultante do projeto de mitigação. Até 01 de julho de 2014 o Conselho Executivo (*Executive Board*) do MDL havia aprovado (registrado) 2.041 projetos de crédito para hidrelétricas em todo o mundo, totalizando 262,7 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-eq) (UNEP, 2014), ou 71,7 milhões de toneladas de carbono. Os projetos são ou por sete anos (com possibilidade de renovação), ou por um período único de 10 anos (como é o caso da proposta

da barragem de Teles Pires). O “*pipeline*” (“duto” de projetos), ou projetos registrados ou buscando registro junto ao MDL, é muito maior (Tabela 1). O total de 365,8 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2012 (90,3 milhões de toneladas de carbono) no “*pipeline*” global é quase no nível da emissão atual do Brasil dos combustíveis fósseis, de pouco mais de 100 milhões de toneladas de carbono por ano.

As barragens têm uma larga gama de impactos ambientais e sociais (WCD, 2000). Há também fortes indícios de que praticamente nenhuma das supostas reduções de emissões é adicional (ou seja, as barragens seriam construídas de qualquer maneira, sem financiamento do MDL). Praticamente todos os projetos de barragens só solicitam o crédito do MDL depois que os investimentos na construção do projeto já estejam assegurados, quando a represa está em construção (como no caso da hidrelétrica de Teles Pires), e às vezes, mesmo após a barragem ser construída. O Plano de Expansão Energética 2013-2022, do Ministério das Minas e Energia (Brasil, MME, 2013), indica, além de Jirau (enchida em 2013), 18 barragens com > 30 MW de capacidade instalada a serem concluídas até 2022 na Amazônia Legal brasileira. Desde 2006 o Brasil define barragens “grandes” como > 30 MW (a maioria é muito maior que isso), enquanto o MDL define barragens “grandes” como > 15 MW e da Comissão Internacional das Grandes Barragens (ICOLD) define-as como >15 m em altura acima do leito do rio. O magnitude dos planos brasileiros de construção de barragens proporciona uma grande oportunidade para reivindicar mais crédito mitigação se os regulamentos atuais do MDL continuarem inalterados. O Plano Nacional sobre Mudança do Clima implica que este é, de fato, a expectativa do governo brasileiro (Brasil, CIMC, 2008), embora isso não implicasse que essas barragens não seriam construídas sem crédito do MDL.

**Tabela 1.** “Pipeline” (duto) de hidrelétricas no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo [a]

País	Total de projetos [b]	Capacidade instalada (MW) [b]	CO <sub>2</sub> -eq [c] média/ano (Milhões de t) [d]	% do total de CO <sub>2</sub> -eq [d]
China	1.366	59.225	270,2	73,9
Brasil	107	12.531	13,2	3,6
Outros não-Anexo I [e]	803	47.673	82,4	22,5
Total	2.276	119.429	342,8	100,0

[a] Dados do Centro Risoe, do Programa das Nações Unidas do Meio Ambiente (PNUMA) (UNEP, 2014). Inclui tanto o “grande” (definido pelo CDM como > 15 MW) e projetos “pequenos” (≤ 15 MW).

[b] Dados referentes a 01 de julho de 2014.

[c] 1 tonelada de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-eq) = 1 Redução Certificada de Emissões (CER).

[d] Dados referentes ao ano 2012.

[e] Países sem limites às suas emissões no âmbito do Protocolo de Quioto.

A primeira grande barragem a solicitar crédito do MDL na região amazônica do Brasil foi a hidrelétrica de Dardonellos, no Estado de Mato Grosso, e isso já foi seguido pela hidrelétrica de Teles Pires e pelas hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio, no Rio Madeira em Rondônia (Fearnside, 2013a). A hidrelétrica de Teles Pires, de 1.820 MW, se encontra em construção no Rio Teles Pires, afluente do Rio Tapajós, que, por sua vez, é afluente do Rio Amazonas. O reservatório, de 135 km<sup>2</sup>, se situa na fronteira entre os Estados do Pará e Mato Grosso. A licitação foi realizada em 17 de dezembro de 2010 para escolher o consórcio de empresas que vão construir a barragem e vender a energia elétrica (desde 2006, barragens do Brasil são oferecidos através de licitação sobre o preço a ser cobrado pela eletricidade, o vencedor sendo a empresa que oferecer o menor preço). Os contratos foram assinados em 07 de junho de 2011, e a construção começou oficialmente em 30 de outubro de 2011 (Brasil, PR, 2011, p. 82). O objetivo do presente trabalho é examinar a proposta de crédito da hidrelétrica de Teles Pires como um exemplo dos problemas generalizados que afetam barragens no MDL.

## O PROJETO DE CARBONO DA HIDRELÉTRICA DE TELES PIRES

O Documento de Concepção do Projeto (PDD) para a hidrelétrica de Teles Pires (Ecopart, 2011) é revelador, tanto das falhas no sistema atual do MDL como das inconsistências entre a preocupação declarada do governo brasileiro como relação às mudanças climáticas e o seu envolvimento na exploração máxima de lacunas na regulamentação do MDL. O documento começa por afirmar (Ecopart, 2011, p. 3) que “o projeto vai fazer uso dos recursos hídricos do rio Teles Pires ... a fim de gerar eletricidade livre de emissões gases de efeito estufa (GEE)”. Nenhuma literatura é citada aqui ou em qualquer lugar no documento para comprovar a alegação de que hidrelétricas amazônicas como esta são livres de emissões. Em vez disso, os cálculos mais adiante no documento dependem de uma cláusula processual do MDL relacionada com a densidade energética da barragem como a justificativa para a utilização de um valor de zero para as emissões do projeto nos cálculos. Infelizmente, o fato que as barragens na Amazônia produzem grandes quantidades de gases de efeito estufa, especialmente durante os primeiros dez anos de operação (o horizonte de tempo para o

atual projeto de MDL), tem sido demonstrado em diversos estudos na literatura científica (e.g., Galy-Lacaux *et al.*, 1997, 1999; Fearnside, 2002a, 2004, 2005a,b, 2006a, 2008, 2009; Delmas *et al.*, 2004; Abril *et al.*, 2005; Guérin *et al.*, 2006, 2008; Kemenes *et al.*, 2008, 2011; Gunkel, 2009; Pueyo & Fearnside, 2011). Enquanto ressalvas e suposições são detalhadas em todos esses estudos, a conclusão geral de que represas tropicais emitem quantidades significativas de gases de efeito estufa em seus primeiros dez anos é clara e robusta.

Apesar do documento usar zero como a emissão do projeto no cálculo dos benefícios climáticos, uma tabela foi incluída (Ecopart, 2011, p. 10, Tabela 3), indicando que a barragem iria produzir metano (CH<sub>4</sub>), ainda que não fosse mencionada qualquer quantidade. A mesma tabela também afirma que as emissões de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O são iguais a zero, cada um deles sendo apenas uma “fonte de emissão secundária.” Infelizmente, ambos estes gases são produzidos também. A criação do reservatório matará as árvores da floresta na área inundada, e estas, geralmente, permanecem projetando para fora da água, a decomposição de madeira na presença de oxigênio e produz CO<sub>2</sub>. As quantidades são bastante consideráveis ao longo do horizonte de dez anos do atual projeto de MDL, conforme mostrado pelas emissões calculadas a partir desta fonte em reservatórios amazônicos existentes (Fearnside, 1995). CO<sub>2</sub> também será emitido pela atividade de desmatamento estimulado perto da barragem e pelo desmatamento de cerrado mais a montante, a fim de produzir a soja que seria transportada na hidrovía Teles-Pires/Tapajós, de que esta barragem e suas eclusas formam uma parte (Fearnside, 2001, 2002b; Millikan, 2012). O óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), também é emitido por reservatórios tropicais, como foi mostrado na Guiana Francesa (Guerin *et al.*, 2008).

A proposta aproveita de um regulamento do MDL, que permite a emissão zero ser reivindicada se a densidade energética for superior a 10 W/m<sup>2</sup> (Ecopart, 2011, p. 27):

“Emissões do reservatório de água são definidos como zero se a densidade energética do projeto for maior do que 10 W/m<sup>2</sup>. A densidade energética do projeto é de 19,18 W/m<sup>2</sup>, assim, por definição, as emissões do reservatório de água são zero”.

Infelizmente, ter uma elevada densidade energética não resulta, de fato, em emissões zero. A elevada densidade energética significa que a área do

reservatório é pequena em relação à capacidade instalada. A pequena área significa que as emissões através da superfície do reservatório (a partir de ebulição e difusão) serão menores do que em um reservatório grande, mas não serão zero. A capacidade instalada, no entanto, reflete a quantidade de água disponível no rio, e isto tem o efeito oposto: quanto mais o fluxo da corrente, mais a emissão que resultará da água que passa pelas turbinas e vertedouros. As turbinas e vertedouros são, de fato, a principal fonte de emissão de metano na maioria das represas amazônicas (e.g., (Fearnside, 2002a, 2005a,b, 2009, Abril *et al.*, 2005). A água que passa pelas turbinas e vertedouros é tirada, normalmente, a partir de uma profundidade abaixo do termoclino que separa as camadas de água no reservatório. A camada superficial (a hipolimnion) é praticamente desprovida de oxigênio e a decomposição da matéria orgânica, por conseguinte, gera metano em vez de dióxido de carbono.

Cada tonelada de metano tem o impacto sobre o aquecimento global de 34 toneladas de CO<sub>2</sub> ao longo de um período de 100 anos, de acordo com o quinto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), com a inclusão de retroalimentações entre o carbono e o clima, que não haviam sido incluídas nos valores anteriores (Myhre *et al.*, 2013, p. 714). Além desse valor para o horizonte de 100 anos, o quinto relatório incluiu cálculos para um horizonte de tempo de 20 anos, indicando um valor de 86 para o impacto de cada tonelada de metano comparado com uma tonelada de CO<sub>2</sub>. Um horizonte de 20 anos reflete melhor o curto prazo que temos para controlar o aquecimento global se é para evitar consequências muito mais graves comparado com os valores para o horizonte de 100 anos que vem sendo usados pelo Protocolo de Quioto. Portanto, o impacto do metano produzido por hidrelétricas é até quatro vezes mais que o impacto indicado por cálculos feitos usando o valor de 21 adotado pelo Protocolo de Quioto (até o final de 2012) com base no segundo relatório do IPCC (Schimel *et al.*, 1996), 3,4 vezes o impacto correspondente ao valor de 25 adotado para o período 2013-2017, com base no quarto relatório (Forster *et al.*, 2007) é mais de trinta vezes o impacto indicado por cálculos que consideram apenas a emissão de carbono, sem considerar o efeito das emissões serem em forma de metano.

A água com elevadas concentrações de metano (sobre pressão na parte inferior do reservatório) é liberado para a atmosfera à jusante da barragem, e

a maior parte do metano surge rapidamente na forma de bolhas. Note-se que o único meio válido para medir estas emissões é a diferença na concentração de metano na água acima da barragem (na profundidade das turbinas) e no rio abaixo da barragem. Não é possível captar essa emissão com câmaras flutuantes para medir o fluxo através da superfície do rio a alguma distância à jusante, como tem sido feito em vários estudos que afirmam apenas pequenas emissões de “desgazamento” nas turbinas (e.g., dos Santos *et al.*, 2008; Ometto *et al.* 2011, porém veja dados comparativos em (Kemenes *et al.*, 2011).

O Documento de Concepção do Projeto calcula a área de reservatório para o propósito de calcular a densidade energética, que representa a capacidade instalada, em Watts, dividida pela área em metros quadrados. O cálculo (Ecopart, 2011, p. 36) é descrito como:

*“A área do reservatório do projeto no nível de água máximo normal de 220 m é 135,4654 km<sup>2</sup>, dos quais 40,6 km<sup>2</sup> são parte do leito normal rio e, portanto, o aumento da área inundada é de 94,8654 km<sup>2</sup>”.*

O pressuposto é que a água que fica sobre o “leito normal do rio” não esteja emitindo metano. Infelizmente, esta água também emite metano, como mostrado por estudos que mediram fluxos em vários pontos da superfície em reservatórios amazônicos (e.g., Abril *et al.*, 2005; Rosa *et al.*, 1997; Duchemin *et al.*, 2000; Kemenes *et al.*, 2007). A regra adotado pelo MDL permitindo o leito do rio não ser considerado parece basear-se na suposição de que o rio natural estaria emitindo a mesma quantidade de metano. No entanto, as emissões de metano a partir de um rio de fluxo livre são muito mais baixos do que os de reservatórios. Rios normalmente não se estratificam, especialmente nos trechos de correnteza rápida que são apropriados para a construção de usinas hidrelétricas.

O Documento de Concepção do Projeto (PDD) calcula um benefício total de 24.973.637 t CO<sub>2</sub> eq ao longo de 10 anos. (Ecopart, 2011, p. 34, Tabela 13), com base na brecha de um valor de zero ser permitido para as emissões de reservatório, caso que a densidade energética superior a 10 W/m<sup>2</sup>. Os proponentes afirmam que “Portanto, uma vez que a densidade energética do projeto é acima de 10 W/m<sup>2</sup>, não é necessário o cálculo das emissões do projeto.” (Ecopart, 2011, p. 34). Embora tal cálculo pode ser “não necessário”, os defensores poderiam



ter optado por fazer esse cálculo com base na melhor evidência disponível se tivesse querido fazê-lo.

A alegação de substituir quase 25 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>-equivalente ao longo de dez anos representa 6,8 milhões de toneladas de carbono. Este “ar quente” irá contribuir para uma mudança climática maior, permitindo que os países que compram o crédito de carbono emitam mais gases. O dinheiro pago por esses créditos também enfraquece os esforços globais para conter a mudança climática por tirar fundos dos recursos sempre insuficientes disponíveis para a mitigação. O Brasil, como um dos países previstos para sofrer mais com as mudanças climáticas projetadas, perderá com tal arranjo. As quantidades de carbono envolvidas são significativas. Como uma indicação da escala, o bem conhecido programa brasileiro para a substituição de gasolina por etanol em automóveis de passageiros na década de 1990 foi calculado em ter deslocado 9,45 milhões de toneladas de carbono por ano (Reid & Goldemberg, 1998).

Sem citar quaisquer estudos de apoio, o Documento de Concepção do Projeto (PDD) afirma (Ecopart, 2011, p. 41), que: “Regras ambientais e políticas do processo de licenciamento são muito rígidas e seguem as melhores práticas internacionais”. A implicação é que os projetos de barragens no Brasil terão impactos ambientais e sociais mínimos que poderiam constranger os países que compram os créditos do MDL. No entanto, existe uma literatura substancial sobre as deficiências no sistema de licenciamento do Brasil (e.g., Fearnside & Barbosa, 1996; Fearnside, 2006b, 2007, 2011; Fearnside & Graça, 2006; Santos & Hernandez, 2009). No caso da Hidrelétrica de Teles Pires, em particular, os povos indígenas afetados fortemente protestaram os impactos e as falhas no processo de licenciamento (Kayabi & Munduruku, 2011). A barragem tem uma longa lista de impactos e problemas no seu licenciamento (International Rivers, 2012; Millikan, 2011; Monteiro, 2011a,b). Em 27 de março de 2012, o Ministério Público Federal obteve uma liminar interrompendo a construção pendente consulta com os povos indígenas afetados pela barragem (MPF, 2012). Embora essas liminares sejam, normalmente, de curta duração, devido à existência de juízes em tribunais de recurso que estão dispostos a derrubá-los, a suspensão da construção é uma indicação tanto da gravidade dos impactos da barragem como das insuficiências no licenciamento.

O Documento de Concepção do Projeto menciona uma “preocupação crescente” do Brasil com a sustentabilidade ambiental (Ecopart, 2011, p. 41). Seria lógico supor que isto deveria incluir a criação de “ar quente”. O projeto gera créditos de carbono sem um benefício verdadeiro para o clima de duas maneiras. Primeiro, ele é baseado na ficção de que a hidrelétrica terá zero de emissões, apesar de extensa evidência indicando que as barragens amazônicas têm grandes emissões, especialmente na primeira década, que é o horizonte de tempo do projeto. Em segundo lugar, o projeto não é “adicional”, como exige o Artigo 12 do Protocolo de Quioto, que criou o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Os projetos devem ganhar crédito somente se as reduções de emissões alegadas não fossem possíveis sem o financiamento do MDL. Neste caso, a barragem já estava financiada e em construção por empresas brasileiras na plena expectativa de lucrar com as vendas de energia elétrica, sem qualquer ajuda adicional do MDL. Nenhum dos 25 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>-equivalente reivindicados é adicional.

## EMISSIONES DE HIDRELÉTRICAS E O IPCC

A inclusão de hidrelétricas nas diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) para inventários nacionais sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) tem evoluído ao longo do tempo, mas o metano ainda é deixado de fora das informações obrigatórias do relatório. As diretrizes revistas de 1996 incluíram a liberação de estoques de carbono por florestas que são convertidas em “áreas úmidas” (incluindo reservatórios), com base na diferença no estoque de carbono entre os dois ecossistemas, mas a presunção é de que toda a liberação esteja na forma de CO<sub>2</sub> em vez de CH<sub>4</sub> (IPCC, 1997). As diretrizes do IPCC de 2003 sobre “boas práticas” incluíram um apêndice ao seu capítulo sobre zonas úmidas como uma «base para o desenvolvimento metodológico futuro» (IPCC, 2003, Apêndice 3a3). Isto sugere que seja incluído no Nível 1 (obrigatório) a contabilidade apenas das emissões da superfície do reservatório que ocorrem por meio de difusão e ebulição (bolhas) de CO<sub>2</sub>, e uma contabilidade das emissões de vertedouros e turbinas no Nível 2 (voluntário).

A revisão das orientações para os inventários nacionais, em 2006, mantém a limitação da informação exigida para as emissões de CO<sub>2</sub>, mas também inclui

um apêndice como uma “base para o desenvolvimento metodológico futuro”, que inclui o metano a partir de hidrelétricas na categoria “terra inundada que permanece inundada”. A equipe de autores, que incluiu um representante da ELETROBRÁS, enfraqueceu a futura metodologia proposta, em comparação com o seu antecessor nas “Diretrizes de Boas Práticas” de 2003, removendo informações que indicam maiores emissões e reduzindo a comunicação exigida: Nível 1 deve incluir apenas as emissões relativamente modestas que ocorrem por meios de difusão a partir da superfície do reservatório, embora os países poderiam voluntariamente relatar as emissões de ebulição das superfícies dos reservatórios no Nível 2, as principais emissões de metano a partir das turbinas poderia ser incluídas apenas no Nível 3, raramente utilizado (Duchemin *et al.*, 2006). Na reunião plenária do IPCC realizada em Mauritius, que aprovou as diretrizes de 2006, os diplomatas brasileiros tentaram, sem sucesso, remover por completo as emissões de reservatórios da seção sobre “terra inundada” (Earth Negotiations Bulletin, 2006; McCully, 2006, p. 19).

A influência brasileira tem sido fundamental na criação e ampliação das brechas no regulamento do MDL sobre crédito de carbono para hidrelétricas. O Painel de Metodologias do MDL (CDM Methodologies Panel, 2006) propôs considerar como nulas as emissões para os projetos com densidades energéticas acima de  $10 \text{ W/m}^2$  com base em um documento técnico interno elaborado por Marco Aurélio dos Santos e Luiz Pinguelli Rosa. Pinguelli Rosa, ex-presidente da ELETROBRÁS, tem defendido o valor de  $10 \text{ W/m}^2$  como critério desde antes do Protocolo de Quioto (Rosa *et al.*, 1996), contestado por (Fearnside, 1996) e há muito tempo afirmou que as barragens têm apenas pequenas emissões (Rosa *et al.*, 2004, 2006); contestada por (Fearnside, 2004, 2006c). Em fevereiro de 2006, o Conselho Executivo do MDL adotou o limite de  $10 \text{ W/m}^2$  para presumir emissões zero, e, a pedido do diretor do Conselho (José Domingos Miguez, que também era chefe do setor do Ministério da Ciência e Tecnologia responsável pelos inventários nacionais brasileiros de gases de efeito estufa, do UNFCCC), expandiu o crédito para as barragens que não atendam a  $10 \text{ W/m}^2$  além do que havia sido sugerido pelo Painel de Metodologias: redução de 5 para 4 a densidade energética mínima elegível para crédito de acordo com as regras e diminuindo de 100 para 90 g  $\text{CO}_2\text{-eq/kWh}$

a emissão presumida para barragens com densidade energética na faixa de  $4\text{-}10 \text{ W/m}^2$ .

Em 2011, o IPCC elaborou um relatório especial sobre energias renováveis que analisa as avaliações do ciclo de vida para várias tecnologias. Para o caso típico (ou seja, o percentil 50%), a energia hidrelétrica é classificada como tendo a metade ou menos do impacto das emissões de qualquer outra fonte, incluindo a solar, eólica e energia dos oceanos (IPCC, 2011, p. 982). A base desta classificação não está clara a partir do relatório: a tabela que apresenta os resultados descreve-os como “resultados agregados de revisão da literatura”, mas a bibliografia parece não conter nenhum estudo sobre as emissões de hidrelétricas. O relatório também afirma (Ecopart, 2011, p. 84), que “Ao considerar as emissões antrópicas líquidas, como a diferença no ciclo de carbono global entre as situações com e sem o reservatório, atualmente não há consenso sobre se os reservatórios são emissores ou sumidouros *líquidos*». No entanto, este conceito de “emissões antrópicas” só seria aplicável se as emissões fossem limitadas ao  $\text{CO}_2$ , ignorando o papel dos reservatórios na conversão de carbono em metano. Uma contabilidade completa das emissões, incluindo o metano, é necessária para ter comparações válidas sobre o impacto das diferentes fontes de energia.

## CONCLUSÕES

O crédito de carbono para a hidrelétrica de Teles Pires não é adicional, porque a barragem tinha sido contratada e a construção iniciada independente do financiamento do MDL.

A presunção de que a barragem não teria emissões de gases de efeito estufa é falsa, sendo que vários estudos indicam que as emissões de represas amazônicas são substanciais ao longo dos seus primeiros dez anos (o tempo de duração do projeto).

As normas do MDL necessitam de revisão urgente para eliminar a criação de “ar quente” (Reduções Certificadas de Emissões que não são adicionais) através de crédito para barragens.

Uma contabilidade completa das emissões de barragens hidrelétricas, incluindo o metano liberado da água que passa pelas turbinas e vertedouros, precisa ser exigida em diretrizes para inventários nacionais e em comparações do IPCC da energia hidrelétrica com outras fontes de energia.

## AGRADECIMENTOS

As pesquisas do autor são financiadas exclusivamente por fontes acadêmicas: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq: Proc. 305880/2007-1, 304020/2010-9, 573810/2008-7, 575853/2008-5) e Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA: PRJ13.03). Este é uma tradução atualizada de (Fearnside, 2013b). Agradeço ao P.M.L.A. Graça pelos comentários.

## LITERATURA CITADA

- Abril, G., F. Guérin, S. Richard, R. Delmas, C. Galy-Lacaux, P. Gosse, A. Tremblay, L. Varfalvy, M.A. dos Santos & B. Matvienko. 2005. Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-years old tropical reservoir (Petit-Saut, French Guiana). *Global Biogeochemical Cycles* 19: GB 4007, doi: 10.1029/2005GB002457.
- Brasil, CIMC (Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima). 2008. *Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC -- Brasil*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil. 129 p. [http://www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/\\_arquivos/96\\_01122008060233.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/_arquivos/96_01122008060233.pdf).
- Brasil, MME (Ministério das Minas e Energia). 2013. Plano Decenal de Expansão de Energia 2022. MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Brasília, DF. 409 p. [http://www.epe.gov.br/PDEE/24102013\\_2.pdf](http://www.epe.gov.br/PDEE/24102013_2.pdf)
- Brasil, PR (Presidência da República). 2011. Eixo Energia. [http://www.brasil.gov.br/2011/02/relatorios/2011-pac-2%2F1o-balanco%2Ffeixo-energia%2Fat\\_download%2Ffile&ei=xSRIT-yfLcLm0QGJz\\_n9DQ&usg=AFQjCNFDXgdr2ZOV01y-0m4xASkEAegJg&cad=rja](http://www.brasil.gov.br/2011/02/relatorios/2011-pac-2%2F1o-balanco%2Ffeixo-energia%2Fat_download%2Ffile&ei=xSRIT-yfLcLm0QGJz_n9DQ&usg=AFQjCNFDXgdr2ZOV01y-0m4xASkEAegJg&cad=rja).
- CDM Methodologies Panel. 2006. Draft thresholds and criteria for the eligibility of hydroelectric reservoirs as CDM projects. Report of the Nineteenth Meeting of the Methodologies Panel, Annex 10. UNFCCC, Bonn, Alemanha. [http://cdm.unfccc.int/Panels/meth/meeting/mp\\_06.html#019](http://cdm.unfccc.int/Panels/meth/meeting/mp_06.html#019)
- Delmas, R., S. Richard, F. Guérin, G. Abril, C. Galy-Lacaux, C. Delon & A. Grégoire. 2004. Long term greenhouse gas emissions from the hydroelectric reservoir of Petit Saut (French Guiana) and potential impacts. p. 293-312. In: A. Tremblay, L. Varfalvy, C. Roehm & M. Garneau (eds.) *Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes. Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments*. Springer-Verlag, New York, NY, E.U.A. 732 p.
- dos Santos, M.A., L.P. Rosa, B. Matvienko, E.O. dos Santos, C.H.E. D’Almeida Rocha, E. Sikar, M.B. Silva & M.P.B. Ayr Júnior. 2008. Emissões de gases de efeito estufa por reservatórios de hidrelétricas. *Oecologia Brasiliensis* 12(1): 116-129.
- Duchemin, É., J.T. Huttunen, A. Tremblay, R. Delmas & C.F.S. Menezes. 2006. Appendix 3. CH<sub>4</sub> emissions from flooded land: Basis for future methodological development. p. Ap.3.1-Ap.3.8 In: S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara & K. Tanabe. (eds) *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme Technical Support Unit, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa, Japão, Paginação irregular. [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_p\\_Ap3\\_WetlandsCH4.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_p_Ap3_WetlandsCH4.pdf)
- Duchemin, É., M. Lucotte, R. Canuel, A.G. Queiroz, D.C. Almeida, H.C. Pereira & J. Dezincourt. 2000. Comparison of greenhouse gas emissions from an old tropical reservoir with those of other reservoirs worldwide. *Verhandlungen International Vereinigung für Limnologie* 27: 1-5.
- Earth Negotiations Bulletin. 2006. Summary of the 25th session of the Intergovernmental Panel on Climate Change: 26-28 April 2006. *Earth Negotiations Bulletin* 12(295): 3. <http://www.iisd.ca/download/pdf/enb12295e.pdf>
- Ecopart (Ecopart Assessoria em Negócios Empresariais Ltda.). 2011. Project design document form (CDM PDD) - Version 03. [http://cdm.unfccc.int/filestorage/G/Y/E/GYE0D3RQV8K9I4S1WCO2JTFHANLU7M/Teles\\_Pires\\_PDD\\_24012012.pdf?t=NUx8bHp4NjY2fD Cy286b2TU-8uLt2EV00sA6](http://cdm.unfccc.int/filestorage/G/Y/E/GYE0D3RQV8K9I4S1WCO2JTFHANLU7M/Teles_Pires_PDD_24012012.pdf?t=NUx8bHp4NjY2fD Cy286b2TU-8uLt2EV00sA6).
- Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of ‘greenhouse’ gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19. doi: 10.1017/S0376892900034020. Versão em português disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/mss%20and%20in%20press/HYDRO-ghg-1995-port.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/mss%20and%20in%20press/HYDRO-ghg-1995-port.pdf)
- Fearnside, P.M. 1996. Hydroelectric dams in Brazilian Amazonia: Response to Rosa, Schaeffer & dos Santos. *Environmental Conservation* 23(2): 105-108. doi: 10.1017/S0376892900038467.
- Fearnside, P.M. 2001. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental Conservation* 28(1): 23-38. doi: 10.1017/S0376892901000030 Versão em português disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/2006/Soja-Amazonia%20500%20anos.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2006/Soja-Amazonia%20500%20anos.pdf)
- Fearnside, P.M. 2002a. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil’s Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): 69-96. doi: 10.1023/A:1012971715668. Versão em português disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/mss%20and%20in%20press/tuc-ghg2-port.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/mss%20and%20in%20press/tuc-ghg2-port.pdf)
- Fearnside, P.M. 2002b. Avanço Brasil: Environmental and social consequences of Brazil’s planned infrastructure in Amazonia. *Environmental Management* 30(6): 748-763. doi: 10.1007/s00267-002-2788-2. Versão em português disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/2001/Avanca%20Brasil%20Consequencias%20Ambientais.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2001/Avanca%20Brasil%20Consequencias%20Ambientais.pdf)



- Fearnside, P.M. 2004. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Controversies provide a springboard for rethinking a supposedly “clean” energy source. *Climatic Change* 66(2-1): 1-8. doi: 10.1023/B:CLIM.0000043174.02841.23. Versão em português disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/mss%20and%20in%20press/springboard-port-inpa.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/mss%20and%20in%20press/springboard-port-inpa.pdf)
- Fearnside, P.M. 2005a. Brazil’s Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management* 35(1): 1-19. doi: 10.1007/s00267-004-0100-3. Versão em português disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/mss%20and%20in%20press/SAMUEL-EM-3-port-2.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/mss%20and%20in%20press/SAMUEL-EM-3-port-2.pdf)
- Fearnside, P.M. 2005b. Do hydroelectric dams mitigate global warming? The case of Brazil’s Curuá-Una Dam. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 10(4): 675-691. doi: 10.1007/s11027-005-7303-7. Versão em português disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/mss%20and%20in%20press/Curuá-Una-Port-2.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/mss%20and%20in%20press/Curuá-Una-Port-2.pdf)
- Fearnside, P.M. 2006a. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Reply to Rosa *et al.* *Climatic Change* 75(1-2): 103-109. doi: 10.1007/s10584-005-9016-z. Versão em português disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/mss%20and%20in%20press/Resposta%20a%20Rosa%20et%20al-port.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/mss%20and%20in%20press/Resposta%20a%20Rosa%20et%20al-port.pdf)
- Fearnside, P.M. 2006b. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil’s Hydroelectric Development of the Xingu River Basin. *Environmental Management* 38(1): 16-27. doi: 10.1007/s00267-005-00113-6. Versão em português disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/mss%20and%20in%20press/Belo\\_Monte\\_Ponta\\_de\\_lance.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/mss%20and%20in%20press/Belo_Monte_Ponta_de_lance.pdf)
- Fearnside, P.M. 2006c. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Reply to Rosa *et al.* *Climatic Change* 75(1-2): 103-109. doi: 10.1007/s10584-005-9016-z. Versão em português disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/mss%20and%20in%20press/Resposta%20a%20Rosa%20et%20al-port.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/mss%20and%20in%20press/Resposta%20a%20Rosa%20et%20al-port.pdf)
- Fearnside, P.M. 2007. Brazil’s Cuiabá-Santarém (BR-163) Highway: The environmental cost of paving a soybean corridor through the Amazon. *Environmental Management* 39(5): 601-614. doi: 10.1007/s00267-006-0149-2. Versão em português disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/2005/BR-163%20Torres%20book-carga%20pesada.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2005/BR-163%20Torres%20book-carga%20pesada.pdf)
- Fearnside, P.M. 2008. Hidrelétricas como “fábricas de metano”: O papel dos reservatórios em áreas de floresta tropical na emissão de gases de efeito estufa. *Oecologia Brasiliensis* 12(1): 100-115. <http://www.ppgecologia.biologia.ufjf.br/oecologia/index.php/oecologiabrasiliensis/article/view/218/184>
- Fearnside, P.M. 2009. As hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como fontes de gases de efeito estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2): 5-56. <http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/315/501>
- Fearnside, P.M. 2011. Gases de efeito estufa no EIA-RIMA da hidrelétrica de Belo Monte. *Novos Cadernos NAEA* 14(1): 5-19. <http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/596/848>
- Fearnside, P.M. 2013a. Credit for climate mitigation by Amazonian dams: Loopholes and impacts illustrated by Brazil’s Jirau Hydroelectric Project. *Carbon Management* 4(6): 681-696. doi: 10.4155/CMT.13.57 Versão em português disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/mss%20and%20in%20press/Jirau-CDM-Port.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/mss%20and%20in%20press/Jirau-CDM-Port.pdf)
- Fearnside, P.M. 2013b. Carbon credit for hydroelectric dams as a source of greenhouse-gas emissions: The example of Brazil’s Teles Pires Dam. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 18(5): 691-699. doi: 10.1007/s11027-012-9382-6.
- Fearnside, P.M. & R.I. Barbosa. 1996. Political benefits as barriers to assessment of environmental costs in Brazil’s Amazonian development planning: The example of the Jatapu Dam in Roraima. *Environmental Management* 20(5): 615-630. doi: 10.1007/BF01204135. Versão em português disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/mss%20and%20in%20press/Jatapu-port.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/mss%20and%20in%20press/Jatapu-port.pdf)
- Fearnside, P.M. & P.M.L.A. Graça. 2006. BR-319: Brazil’s Manaus-Porto Velho Highway and the potential impact of linking the arc of deforestation to central Amazonia. *Environmental Management* 38(5): 705-716. doi: 10.1007/s00267-005-0295-y. Versão em português disponível em: <http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/viewFile/241/427>
- Forster, P. & 50 outros. 2007. Changes in Atmospheric Constituents and Radiative Forcing. p. 129-234. In: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (eds.) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 996 p.
- Galy-Lacaux, C., R. Delmas, C. Jambert, J.-F. Dumestre, L. Labroue, S. Richard & P. Gosse. 1997. Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: A case study in French Guyana. *Global Biogeochemical Cycles* 11(4): 471-483.
- Galy-Lacaux, C., R. Delmas, J. Kouadio, S. Richard & P. Gosse. 1999. Long-term greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical forest regions. *Global Biogeochemical Cycles* 13(2): 503-517.
- Guérin, F., G. Abril, S. Richard, B. Burban, C. Reynouard, P. Seyler & R. Delmas. 2006. Methane and carbon dioxide emissions from tropical reservoirs: Significance of downstream rivers. *Geophysical Research Letters* 33: L21407, doi: 10.1029/2006GL027929.
- Guérin, F., G. Abril, A. Tremblay & R. Delmas. 2008. Nitrous oxide emissions from tropical hydroelectric reservoirs. *Geophysical Research Letters* 35: L06404, doi: 10.1029/2007GL033057.
- Gunkel, G. 2009. Hydropower – A green energy? Tropical reservoirs and greenhouse gas emissions. *CLEAN – Soil, Air, Water* 37(9): 726-734. doi: 10.1002/clen.200900062.
- International Rivers. 2012. The global CDM hydro hall of shame. International Rivers, Berkeley, Califórnia, E.U.A.. <http://www.internationalrivers.org/resources/hydro-cdm-hall-of-shame-7465>

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1997. *Revised 1996 Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B. Lim, K. Treanton, I. Mamaty, Y.Y. Bonduki, D.J. Griggs & B.A. Callender (eds.), IPCC, Bracknell, Reino Unido, 3 vols: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003. *IPCC Good Practice Guidance for LULUCF*. Appendix 3a.3 Wetlands Remaining Wetlands: Basis for future methodological development. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Kanagawa, Japão, paginação irregular. [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp\\_lulucf/gp\\_lulucf\\_contents.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp_lulucf/gp_lulucf_contents.html)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2011. *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. O. Edenhofer, R.P. Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Eickemeier, P. Matschoss, G. Hansen, S. Kadner, S. Schlomer, T. Zwickel & C. von Stechow (eds), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 1.075 p. [http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren\\_full\\_report.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_full_report.pdf)
- Kayabi, Apiaká & Munduruku. 2011. Manifesto Kayabi, Apiaká e Munduruku contra os aproveitamentos hidrelétricos no Rio Teles Pires. Aldeia Kururuzinho Terra Indígena Kayabi, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil. 9 p. <http://www.internationalrivers.org/files/manifesto%20kayabi-mundurucu-apiaca-dez2011.pdf>.
- Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2007. Methane release below a tropical hydroelectric dam. *Geophysical Research Letters* 34: L12809. doi: 10.1029/2007GL029479. 55.
- Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2008. As hidrelétricas e o aquecimento global. *Ciência Hoje* 41(145): 20-25.
- Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2011. CO<sub>2</sub> emissions from a tropical hydroelectric reservoir (Balbina, Brazil). *Journal of Geophysical Research* 116, G03004, doi: 10.1029/2010JG001465.
- McCully, P. 2006. *Fizzy Science: Loosening the Hydro Industry's Grip on Greenhouse Gas Emissions Research*. International Rivers Network, Berkeley, California, E.U.A. 24 p. <http://www.irn.org/pdf/greenhouse/FizzyScience2006.pdf>
- Millikan, B. 2011. Dams and Hidrovias in the Tapajos Basin of Brazilian Amazonia: Dilemmas and Challenges for Netherlands-Brazil relations. International Rivers Technical Report. International Rivers, Berkeley, Califórnia, E.U.A. 36 p. [http://www.bothends.org/uploaded\\_files/inlineitem/41110615\\_Int\\_Rivers\\_report\\_Tapajos.pdf](http://www.bothends.org/uploaded_files/inlineitem/41110615_Int_Rivers_report_Tapajos.pdf)
- Millikan, B. 2012. Comments to PJRCES on the Teles Pires Hydropower Project (Brazil). <http://www.internationalrivers.org/node/7188>.
- Monteiro, T. 2011a. Três hidrelétricas ameaçam indígenas no rio Teles Pires. 22 de agosto de 2011. <http://telmadmonteiro.blogspot.com/2011/08/tres-hidretricas-ameacam-indigenas-no.html>.
- Monteiro, T. 2011b. Hidrelétricas ameaçam indígenas Munduruku na bacia do rio Teles Pires (Parte II). 26 de agosto de 2011. <http://telmadmonteiro.blogspot.com/2011/08/hidretricas-ameacam-indigenas.html>.
- MPF (Ministério Público Federal). 2012. MP pede suspensão do licenciamento e obras da usina de Teles Pires por falta de consulta a indígenas. MPF, Belém, Pará, Brasil. <http://www.prpa.mpf.gov.br/news/2012/mp-pede-suspensao-do-licenciamento-e-obras-da-usina-de-teles-pires-por-falta-de-consulta-a-indigenas>
- Myhre, G. & 37 outros. 2013. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. p. 661-740. In: T.F. Stocker & 9 outros (eds.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Ometto, J.P., F.S. Pacheco, A.C.P. Cimbleis, J.L. Stech, J.A. Lorenzetti, A. Assireu, M.A. Santos, B. Matvienko, L.P. Rosa, C.S. Galli, D.S. Abe, J.G. Tundisi, N.O. Barros, R.F. Mendonça & F. Roland. 2011. Carbon dynamic and emissions in Brazilian hydropower reservoirs. p. 155-188. In: E.H. de Alcantara (ed.). *Energy Resources: Development, Distribution, and Exploitation*. Nova Science Publishers. Hauppauge, New York, E.U.A. 241 p.
- Pueyo, S. & P.M. Fearnside. 2011. Emissões de gases de efeito estufa dos reservatórios de hidrelétricas: Implicações de uma lei de potência. *Oecologia Australis* 15(2): 114-127. doi: 10.4257/oeco.2011.1502.02. <http://www.oecologiaaustralis.org/ojs/index.php/oa/article/download/oeco.2011.1502.2/514>
- Reid, W.V. & J. Goldemberg. 1998. Developing countries are combating climate change: Actions in developing countries that slow growth in carbon emissions. *Energy Policy* 26(3): 233-237.
- Rosa, L.P., M.A. dos Santos, B. Matvienko, E.O. dos Santos & E. Sikar. 2004. Greenhouse gases emissions by hydroelectric reservoirs in tropical regions. *Climatic Change* 66(1-2): 9-21.
- Rosa L.P., M.A. dos Santos, B. Matvienko, E. Sikar & E.O. dos Santos. 2006. Scientific errors in the Fearnside comments on greenhouse gas emissions (GHG) from hydroelectric dams and response to his political claiming'. *Climatic Change* 75(1-2): 91-102. doi: 10.1007/s10584-005-9046-6.
- Rosa, L.P., M.A. dos Santos, J.G. Tundisi & B.M. Sikar. 1997. Measurements of greenhouse gas emissions in Samuel, Tucuruí and Balbina Dams. In: L.P. Rosa & M.A. dos Santos (eds.) *Hydropower Plants and Greenhouse Gas Emissions*. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil. p. 41-55.
- Rosa, L.P., R. Schaeffer & M.A. dos Santos. 1996. Are hydroelectric dams in the Brazilian Amazon significant sources of 'greenhouse' gases? *Environmental Conservation* 23(2): 2-6.
- Schimel, D. & 75 outros. 1996. Radiative forcing of climate change. p. 65-131 In: J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callender, N. Harris, A. Kattenberg & K. Maskell (eds.) *Climate Change*

1995: *The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 572 p.

Santos, S.M.S.B.M. & F.M. Hernandez (eds.). 2009. *Painel de Especialistas: Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte*. Painel de Especialistas sobre a Hidrelétrica de Belo Monte, Belém, Pará, Brasil. 230 p. [http://www.internationalrivers.org/files/Belo%20Monte%20pareceres%20IBAMA\\_online%20\(3\).pdf](http://www.internationalrivers.org/files/Belo%20Monte%20pareceres%20IBAMA_online%20(3).pdf).

UNEP (United Nations Environment Programme). 2014. Riso e CDM/JI pipeline analysis and database: <http://cdmpipeline.org/> Dados atualizados por UNEP em 01 de julho de 2014; acessado em 30 de julho de 2014.

WCD (World Commission on Dams). 2000. *Dams and Development: A New Framework for Decision Making*. Earthscan, London, Reino Unido. 404 p. [http://www.dams.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=49&Itemid=29](http://www.dams.org/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=29).